

## Implantierte Hörgeräte

Die vorliegende Erfindung betrifft eine implantierte Hör-  
5 hilfe bzw. Hörgeräteanordnung, gemäss dem Oberbegriff nach  
Anspruch 1, sowie ein Verfahren zur Hörverstärkung mittels  
einer Hörhilfe bzw. Hörgeräteanordnung.

10 Aus der Literatur und aus Patenten sind verschiedenste Ar-  
ten von elektromechanischen Aktuatoren für implantierbare  
Hörhilfen bekannt. Im Vergleich zu konventionellen Hörgerä-  
ten erzielen diese Mittelohraktuatoren ihre Wirkung, indem  
sie elektrisch verstärkte Signale in mechanische Bewegungen  
wandeln und diese auf die Gehörknöchelchenkette des Mittel-  
ohres übertragen.

15 Was den Einfluss eines implantierten Aktuators auf die Os-  
sikelkette anbetrifft, würde ein Mittelohraktor idealer-  
weise im aktiven Zustand eine möglichst effiziente Verstär-  
kung der mechanischen Bewegung des Mittelohres erbringen.  
Im Ruhezustand des Aktuators hingegen, sollte dieser einen  
20 möglichst geringen Einfluss auf die natürliche Bewegung der  
Gehörknöchelchen haben.

Für gewisse medizinisch indizierte Fälle von Schwerhörig-  
keit ist es zudem erwünscht, dass die durch den Aktuator  
bewirkte Verstärkung der Bewegung der Gehörknöchelchen  
25 gross bis sehr gross ist. Dies entspricht Auslenkungen der  
Fussplatte des Steigbügels im Bereich von 1 bis 100µm und  
Kräften von bis zu 10mN.

- 2 -

Aus der US 5'800'336 (Ball et al, Symphonix) ist ein Aktuator bekannt, der die Anforderung der Berührungslosigkeit annähernd erfüllt. Im Ruhezustand dieses Aktuators beeinflusst lediglich seine Masse die natürliche Bewegung der Gehörknöchelchen. Aufgrund der anatomischen Verhältnisse im Mittelohr ist das Aktuatorvolumen dieses Gerätes beschränkt. Der Aktuator kann deshalb nur kleine bis mittlere Verstärkungen der Bewegung des Mittelohres erzeugen.

Aus US 6'084'975 (Perkins, Resound) ist ein weiterer Aktuator bekannt, der die Anforderung der Berührungslosigkeit erfüllt. Dabei wird auf dem Promontorium eine Spule fixiert und auf der Innenseite des Trommelfelles ein Permanentmagnet. Berechnungen haben gezeigt, dass diese Anordnung die Hochleistungsanforderung jedoch nicht in befriedigendem Masse erfüllt. Limitierende Faktoren sind die beschränkte Stromdichte in den Drähten der Spule und die niedrige Effizienz der Kopplung. Da die Kopplung ineffizient ist und die Kapazität geeigneter Energiequellen, welche Patienten mit sich tragen können, ebenfalls limitiert ist, wird kaum eine genügende Autonomie der Patienten erreicht. Zudem birgt die ineffiziente Kopplung die Gefahr, dass dem Mittelohr Wärme in einem schädlichen Mass zugeführt wird.

Aufgrund der oben geschilderten Sachverhalte, ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine implantierte Hörhilfe bzw. Hörgeräteanordnung vorzuschlagen, bei welcher die eingangs erwähnte Problematik nicht, oder nur in reduziertem Masse auftritt.

- 3 -

Erfindungsgemäss wird die gestellte Aufgabe mittels einer Hörhilfe bzw. Hörgeräteanordnung gemäss dem Wortlaut nach Anspruch 1 gelöst.

Im Gegensatz zur US 6'084'975 basiert der erfindungsgemäss vorgeschlagene Aktuator auf einer Anordnung, welche einen relativ grossen Permanentmagneten auf dem Promontorium vorsieht und eine kleine Spule entweder hinter dem Trommelfell, oder an einem anderen geeigneten Ort der Gehörknöchelchenkette aufweist. In der US 6'084'975 wird bekanntlich vorgeschlagen, den Permanentmagneten im Bereich des Trommelfelles anzuordnen, wodurch die Grösse des Permanentmagneten limitiert ist. Im Gegensatz dazu, kann am Promontorium, bei welchem es sich um ein starres, knochenartiges Gebilde handelt, ein grösserer Permanentmagnet angeordnet werden, was vorteilhaft ist.

Die erfindungsgemäss vorgeschlagene Anordnung erfüllt die Forderung der Berührungslosigkeit und hat im Vergleich zur Lösung US 6'084'975 den Vorteil, dass bereits ein grosser Teil des benötigten magnetischen Flusses durch den Permanentmagneten bereitgestellt wird. Dadurch genügen kleinere Ströme in der Spule, um die geforderte Bewegung zu erzeugen. Es kann angenommen werden, dass mit dieser Anordnung auch relativ grosse Auslenkungen und hohe Kräfte erreicht werden können.

Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die Spule kleiner ausgestaltet werden kann und durch Anordnen der Spule am Trommelfell ein besserer Wärmeabfluss durch den äusseren Gehörgang gewährleistet ist, wodurch im Mittelohr eine we-

- 4 -

sentlich geringere Wärmeentwicklung stattfindet, als dies in der Anordnung gemäss US 6'084'975 der Fall ist.

Konzeptionelle Arbeiten haben zudem gezeigt, dass die Hochleistungsanforderung insbesondere dann erreicht wird, wenn  
5 der Permanentmagnet radial und nicht axial polarisiert wird.

Die Erfindung wird nun beispielsweise und unter Bezug auf die beigefügte Figur näher erläutert.

Figur 1 zeigt schematisch einen Schnitt durch das Mittelohr und die erfindungsgemässe Anordnung der Hörhilfe.

Im Mittelohr 1 angeordnet, ist die Gehörknöchelchenkette, umfassend Hammer 3, Amboss 5 und Steigbügel 7. Zwischen Mittelohr 1 und äusserem Gehörgang 9 angeordnet, ist das Trommelfell 11. Schliesslich erkennbar ist das Promontorium  
15 13, bei welchem es sich ebenfalls um ein knochenartiges, starres Gebilde handelt.

Erfindungsgemäss wird nun vorgeschlagen, am Promontorium einen Permanentmagneten 15 anzuordnen, währenddem die Spule 17 entweder am Trommelfell selbst, oder beispielsweise am  
20 Hammer 3 im Bereich des Trommelfelles, angeordnet ist.

Durch die Ausmasse des Permanentmagneten 15, welche um einiges grösser gewählt werden können, als diejenigen des im US 6'084'975 vorgeschlagenen Permanentmagneten, kann entsprechend eine wesentlich kleinere Spule 17 angeordnet wer-  
25 den, was gewichtige Vorteile mit sich bringt. So genügen einerseits wesentlich kleinere Ströme in der Spule, um die geforderte Bewegung zu erzeugen und andererseits ergibt sich so eine wesentlich geringere Wärmeentwicklung. Zudem kann durch das Anordnen der Spule im Bereich des Trommel-

- 5 -

felles die Wärme effizienter durch den äusseren Gehörgang 9 nach aussen abgeführt werden, was beim Anordnen einer Spule 17 am Promontorium 13 schwieriger ist.

5 Auf die Darstellung der Speisung der Spule wurde verzichtet, doch kann diese entweder durch das Trommelfell hindurch erfolgen, oder aber durch entsprechende Durchgänge durch die Schädeldecke in den Bereich des Mittelohres.

10 Bei der Darstellung gemäss Figur 1, handelt es sich selbstverständlich lediglich um ein Beispiel der Anordnung zur Veranschaulichung der vorliegenden Erfindung. Sowohl Dimensionierung des Permanentmagneten, wie auch das exakte Anordnen von Permanentmagnet und Spule, können im Bereich des Promontoriums, sowie im Bereich des Trommelfelles bzw. der Gehörknöchelchenkette unterschiedlich gewählt werden.

15 Im weiteren können sowohl geometrische Form der Spule bzw. Spulen wie auch diejenige des Magneten unterschiedlich gewählt werden. Eine Spule wird am einfachsten kreisrund ausgestaltet, sie kann aber auch oval geformt sein. Dasselbe gilt für den Magneten, welcher typischerweise kreisrund  
20 ausgebildet ist, welcher aber auch oval, quadratisch oder rechteckig sein kann.

Die Fläche innerhalb der Spule kann parallel zur Oberfläche des Magneten angeordnet werden, möglich ist auch eine Anordnung orthogonal zum Magneten oder eine Anordnung in einem beliebigen Winkel zwischen 0 und 180° zum Magneten.  
25

Schliesslich ist auch eine unterschiedliche Fixierung sowohl der Spule wie auch des Magneten möglich. Typischerweise wird ein Magnet fix auf dem Promontorium befestigt. Er kann aber auch austauschbar sein, was vorteilhaft sein kann

- 6 -

bei Revisionen. Die Position des Magneten kann sogar einstellbar sein, was den Vorteil hat, das der Luftspalt zwischen der Spule und dem Magneten nach der Fixierung noch reguliert werden kann.

5

[illegible]

**Patentansprüche**

1. Implantierte Hörhilfe bzw. Hörgeräteanordnung aufweisend mindestens einen Permanentmagneten (15) im Bereich des Mittelohres, sowie mindestens eine Spule (17), dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Permanentmagnet (15) am Promontorium (13) angeordnet ist.
2. Hörgeräteanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Spule (17) im Bereich der Gehörknöchelchenkette (3, 5, 7), oder am Trommelfell (11) angeordnet ist.
3. Hörgeräteanordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Spule hinter dem Trommelfell (11) angeordnet ist.
4. Hörgeräteanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (15) radial polarisiert ist.
5. Hörgeräteanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet kreisrund, oval, quadratisch oder rechteckig ausgebildet ist.
6. Hörgeräteanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet fest auf dem Promontorium befestigt ist.
7. Hörgeräteanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet wieder austauschbar auf dem Promontorium befestigt ist.

- 8 -

8. Hörgeräteanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Spule kreisrund oder oval ausgebildet ist.

5 9. Hörgeräteanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Spule parallel, orthogonal oder in einem beliebigen Winkel zwischen 0 und 180° in bezug auf den Magneten angeordnet ist.

10 10. Hörgeräteanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet derart einstellbar auf dem Promontorium angeordnet ist, dass der Luftspalt zwischen der Spule und dem Magneten nach der Fixierung noch regulierbar ist.

15 11. Verfahren zur Hörverstärkung durch Verstärkung der natürlichen Bewegung der vibrierenden Gehörknöchelchenkette, dadurch gekennzeichnet, dass akustische Signale in ein elektrisches Signal umgewandelt, im Innen- bzw. Mittelohr erneut in mechanische Schwingungen umgewandelt werden und mittels einer im Bereich des Trommelfelles oder der Gehörknöchelchenkette angeordneten Spule verstärkt werden, welche  
20 che Spule mittels mindestens einem am Promontorium angeordneten Permanentmagneten zusätzlich angeregt wird.

12. Verwendung der Hörgeräteanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 11.



- 9 -

**Zusammenfassung**

Eine implantierte Hörhilfe bzw. Hörgeräteanordnung weist mindestens einen Permanentmagneten (15) im Bereich des Mittelohres auf, sowie mindestens eine Spule (17), wobei mindestens ein Permanentmagnet (15) am Promontorium (13) angeordnet ist.

(Figur 1)

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100